

El Centro Nacional de Microelectrónica

Nacho Martínez

El desarrollo de la microelectrónica ha sido, desde su inicio, un indicador de la potencia tecnológica de un país. Históricamente hemos visto como los países dominadores del mundo han estado a la vanguardia de esta disciplina. Por ello, uno podría preguntarse ¿Cómo es posible que un país de desarrollo tecnológico modesto como España, se embarque en un proyecto millonario, destinado al desarrollo de la microelectrónica? ¿No es ese un gasto innecesario de recursos y fondos, que podrían destinarse a proyectos potencialmente más fructíferos? La respuesta es clara y sencilla: Evidentemente existen disciplinas de la microelectrónica en las que los países avanzados nos llevan una ventaja inalcanzable. Sería imposible llegar a la altura de las grandes potencias tecnológicas en materias como el diseño de memorias, microprocesadores o en el desarrollo de nuevas tecnologías de fabricación. No obstante, existen tecnologías de nacimiento incipiente, que no requieren costos tan elevados, como por ejemplo el diseño de microsensores y microactuadores, dispositivos de potencia, diseño de Acechas -Application Specific Integrated Circuits-, en las que en España aún podemos decir algo, y de hecho estamos diciendo mucho a través del Centro Nacional de Microelectrónica (CNM).

NACHO MARTÍNEZ es estudiante de cuarto de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona.

¿QUÉ ES Y CÓMO NACIÓ EL CNM?

El CNM fue creado en 1985 en el seno del Consejo Superior de Investigaciones Científicas -CSIC-, enmarcado en el Plan Nacional de Microelectrónica. En un principio lo integraban 6 personas y utilizaba las instalaciones de la facultad de Ciencias de la Universitat Autònoma de Barcelona. Posteriormente se agregaron sedes en Sevilla y Madrid, y poco a poco, a cada una de ellas se les fueron encomendando tareas más específicas. Así, hoy en día Sevilla es un centro de desarrollo dedicado prioritariamente al campo analógico, en Madrid se investiga en el terreno de los semiconductores no basados en silicio -AsGa-, mientras que la sede de Barcelona se centra exclusivamente en el diseño y fabricación sobre silicio. Puesto que hoy en día un alto porcentaje de las aplicaciones de los semiconductores en la industria se basan precisamente en el silicio, la sede de Barcelona adquiere un papel preponderante en el CNM, hecho que le permite disponer de una de las 5 salas blancas más avanzadas de Europa.

¿CUÁL ES LA ESTRUCTURA EL CNM?

El CNM se estructura como indica el organigrama de la figura 1. El

patronato marca la línea de actuación del CNM. Dicho patronato está presidido por el presidente del CSIC, José M^a Mato de la Paz, y consta de un secretario y 14 vocales, entre los que se encuentran representantes de los ministerios, comunidades autónomas de las localidades en las que el CNM cuenta con sede, universidades, INI, Telefónica y el mismo director del CNM, Francesc Serra i Mestres. El resto del organigrama es autoexplicativo.

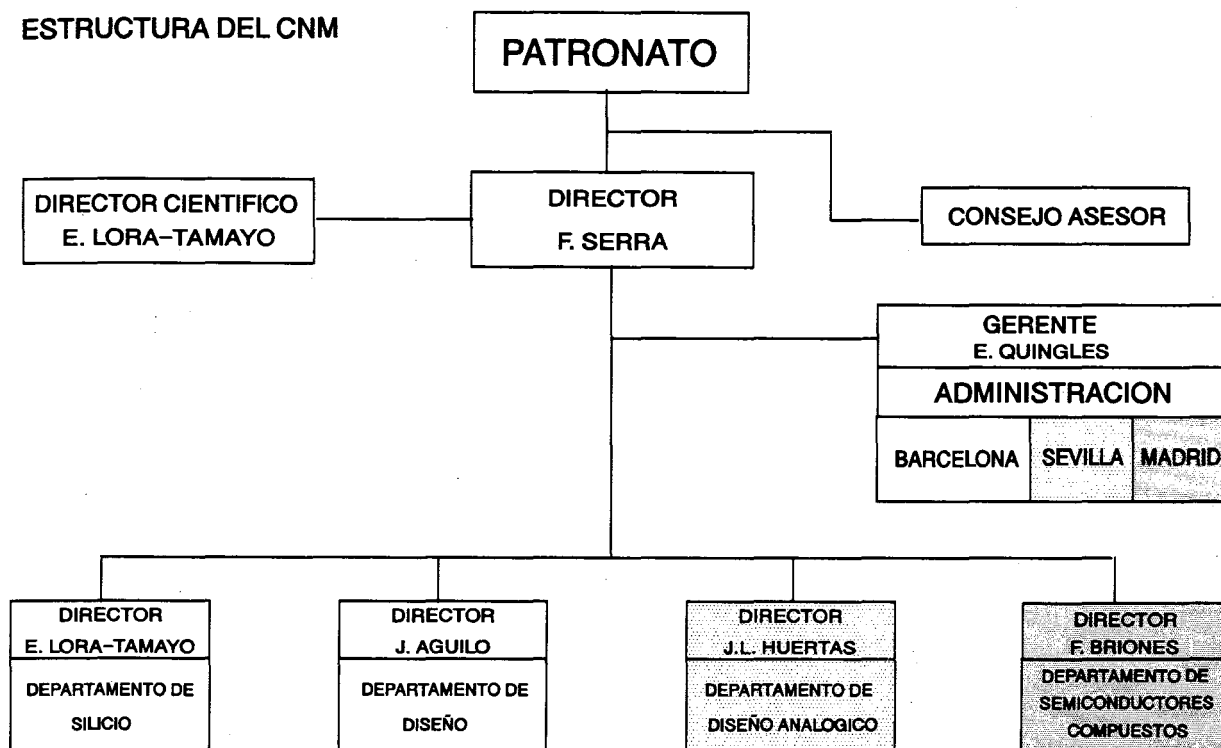
"El CNM se nutre de ingresos tanto provenientes de su autofinanciación como de las subvenciones del Estado."

El CNM consta de personal investigador -doctorados-, personal de apoyo tecnológico -titulados superiores, diplomados y técnicos-, personal en formación -becarios, ayudantes etc...-, y como no, personal administrativo. Actualmente, Barcelona es la sede que cuenta con mayor número de empleados, más de 100.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

El CNM se nutre de ingresos, tanto provenientes de su autofinanciación, como de las subvenciones del Estado. Actualmente el CNM se autofinancia en un 35%, a través de proyectos, tanto a nivel nacional como europeo. Es de remarcar que el CNM de Barcelona goza de un gran prestigio en materias como microsensores, microactuadores y en dispositivos de potencia, hecho que cada año le hace merecedor de numerosos proyectos procedentes de la

ESTRUCTURA DEL CNM



Comunidad Europea -ESPRIT y BRITE. A nivel nacional, goza de la concesión de numerosos proyectos del CICYT (Consortio Interministerial de Ciencia y Tecnología), institución que a su vez le proporciona becas FPI.

SALA BLANCA.

La disponibilidad de una sala blanca de 1000 m², diferencia el CNM de Barcelona de la mayoría de centros de investigación y desarrollo en el campo de la microelectrónica, de toda Europa. Se construyó como instrumento de apoyo a la presentación de proyectos finalizados; además de la documentación oportuna, el CNM puede presentar prototipos de los dispositivos proyectados, lo cual es altamente atractivo para las empresas e instituciones que encargan los proyectos. Actualmente, la sala blanca del CNM se encuentra entre las cinco más destacada de toda Europa.

Debido al alto grado de miniaturización al que han llegado los microchips, una minúscula partícula suspendida en el aire, que entre en contacto con el silicio durante el proceso de fabricación, puede provocar una alteración indeseada del mismo. Para minimizar la probabilidad

de que eso ocurra, se emplean sofisticadas técnicas de depuración del aire.

Una sala blanca es un recinto cerrado que dispone de sistemas de depuración altamente eficaces. El grado de pureza de una sala blanca se distingue por su clase. La clase indica cuántas partículas mayores de 5µm existen en el ambiente, por cada pie³. La sala está subdividida en diversas zonas, como muestra la figura 2, que presentan distinta clase, dependiendo de la pureza ambiental requerida en el proceso que se lleve a cabo en cada una de ellas. Por ejemplo, la zona donde se realiza el proceso de fotolitografía, es la más pura del CNM, y puede llegar a alcanzar clase 10 -los quirófanos de los hospitales suelen tener clase 10000-. Separando cada una de las zonas limpias, se encuentran las zonas de servicio, que constituyen puntos de retorno para el aire impuro. A través de ellas, se cierra el ciclo de depuración: El aire limpio entra por el techo a través de unos filtros especiales, y

retorna por el suelo, que comunica con el de la zona de servicio adyacente. Ésta devuelve el aire a la turbina de depuración, a través de un complejo entramado de tuberías. Para evitar

que una zona pura se contamine al transitar por ella desde otra zona más contaminada -de clase mayor-, se regula el nivel de presión de cada zona, de manera que ésta sea mayor cuanto menor sea su clase. De esta forma, cuando se abre una puerta que divide dos zonas de

"La zona de fotolitografía precisa tener toda su instrumentación aislada físicamente de tierra."

distinta clase, debido a la diferencia de presión, el aire siempre sale de la zona más pura, impidiendo que entren en ella partículas provenientes de la menos pura. Además de la presión y grado de limpieza del aire, se controlan exhaustivamente otras constantes ambientales como humedad y temperatura, que son también altamente determinantes de cara al éxito del proceso de fabricación.

La zona de fotolitografía, además de exigir el mayor grado de pureza de toda la sala blanca, precisa de un

requisito adicional: como la anchura de las máscaras -plantillas que delimitan la zona de influencia de un determinado proceso- es del orden de algunas micras - μm -, cualquier vibración, por leve que ésta fuera, podría originar un desalineamiento de las mismas. Para evitar éste problema, la instrumentación necesaria para llevar a cabo el proceso de fotolitografía, debe estar aislada físicamente de la tierra. Para conseguirlo, se construye una cámara en el subsuelo de dicha zona, conteniendo un bloque de hormigón totalmente aislado de la tierra por poliestireno -material que absorbe las vibraciones, a modo de colchón-. Como indica la figura 3, todos los instrumentos que deben ser aislados de las vibraciones se apoyan en dicho bloque.

Además de los costosísimos sistemas de protección ambiental, también es importante detallar cuáles son los procesos que pueden llevarse a cabo dentro de la sala blanca. Dichos procesos son:

- procesos térmicos
- implantación iónica
- fotolitografía
- grabado seco
- depósito de dieléctricos
- metalización

- procesos húmedos
- test in line
- encapsulación

La disponibilidad de todos ellos, cualifica a la sala blanca del CNM de Barcelona para llevar a cabo diseños en tecnología CMOS en VLSI -*Very Large Scale Integration*-, así como procesos especiales, necesarios para la implementación de microsensors y dispositivos de potencia. De todas maneras, la capacidad de diseño de los ingenieros del CNM no se limita exclusivamente a aquellas tecnologías para las que la sala blanca está preparada. Bien al contrario, por requerimiento del ofertante o por necesidades inherentes a las especificaciones, puede realizarse el diseño en otras tecnologías.

En este artículo, por mor de no extendernos, no vamos a detallar en qué consisten cada uno de los procesos antes expuestos. Para más información se puede disponer de literatura suficiente en las bibliotecas de la

E.T.S.E.Telecomunicació y la F.I.B. de la U.P.C.

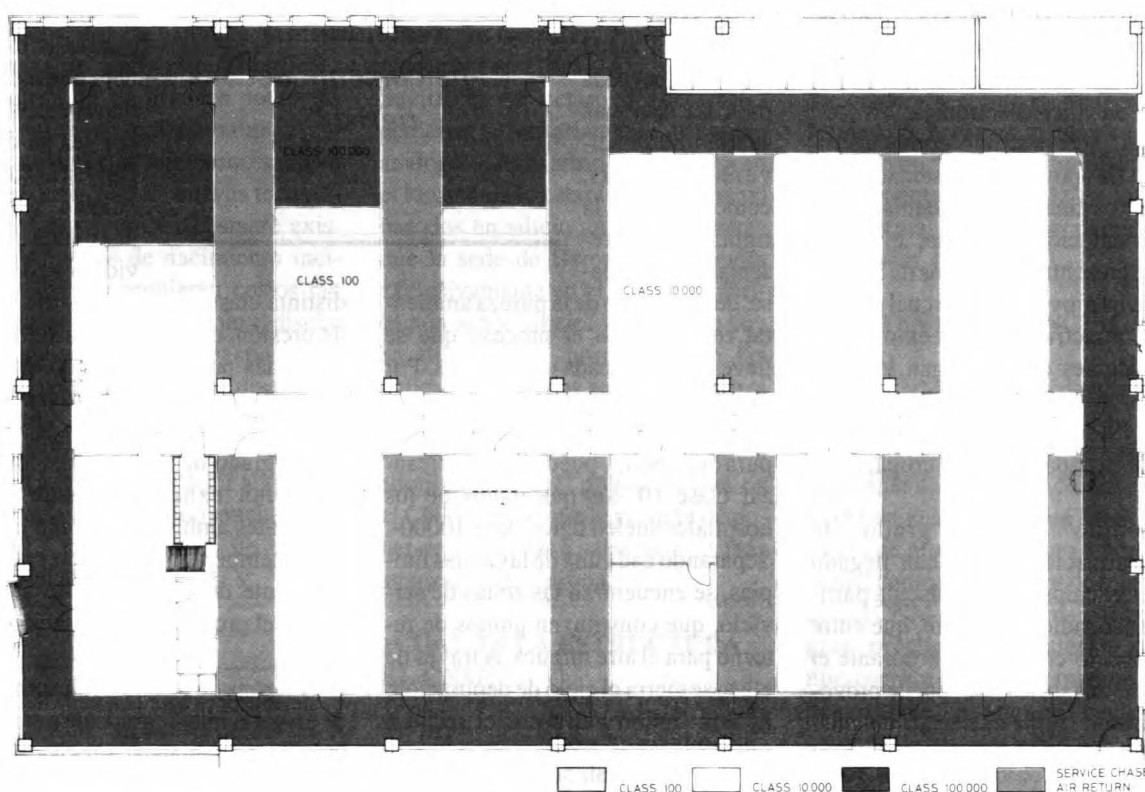
¿QUÉ SE HACE EN EL CNM DE BARCELONA?

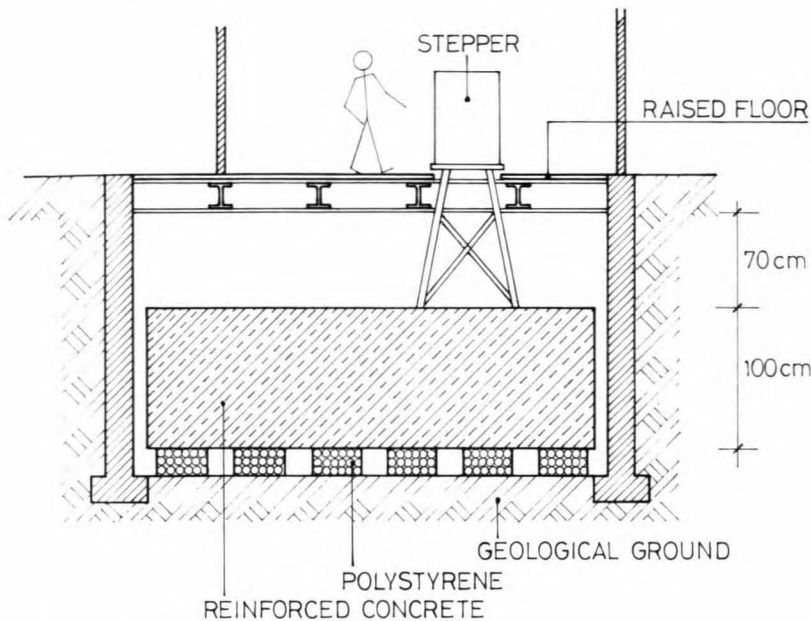
"En el CNM hay definidas tres líneas de actuación: diseño, tecnología e investigación."

Hay definidas tres líneas básicas: diseño, tecnología e investigación. En el campo de la investigación, se estudian temas como la tecnología *fuzzy* y las redes neuronales, campos muy de moda

últimamente por las esperanzadoras avances que presagian: Sistemas informáticos expertos -capaces de aprender-, reconocimiento artificial de voz, complejos sistemas de procesamiento de la información...

Diseño: Desarrollo de proyectos en A.S.I.C's. El diseño se lleva a cabo dentro del CNM, a partir de las especificaciones del industrial. Una vez terminada la fase de diseño, se realizan los prototipos acordados en la sala blanca, si la tecnología del diseño es compatible con las posibilidades de ésta. Posteriormente se entrega toda la documentación, incluidos prototipos, al indus-





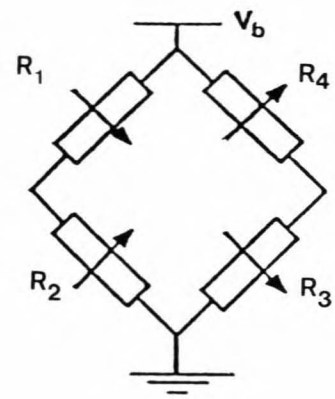
trial, que buscará un fabricante que produzca las series necesarias. El CNM puede recomendar algún fabricante, a petición del industrial. Actualmente, en la confección de prototipos se trabaja con tecnología CMOS de 3,5, que se prevé pueda rebajarse en un futuro próximo.

Tecnología: En ésta línea se desarrollan dispositivos de potencia, microsensors y microactuadores en silicio.

Los dispositivos de potencia son componentes circuitales especialmente diseñados para soportar grandes potencias. Por ejemplo, se realizan diodos, transistores, etc... capaces de aceptar niveles de corriente muy elevados. Se

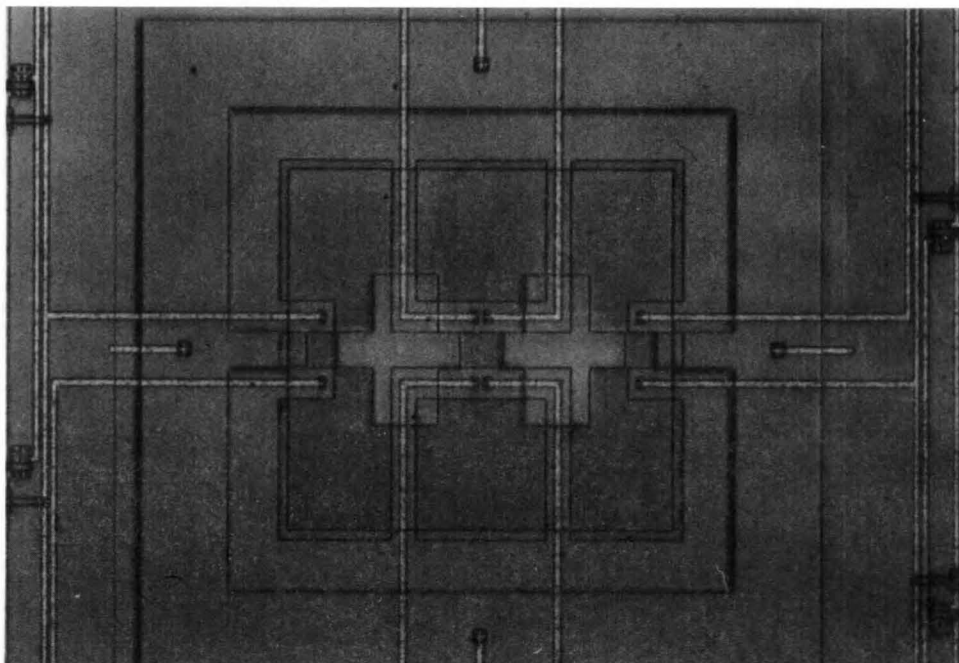
aplican básicamente en fuentes de alimentación y en todo tipo de dispositivos que deban soportar altos niveles de corriente.

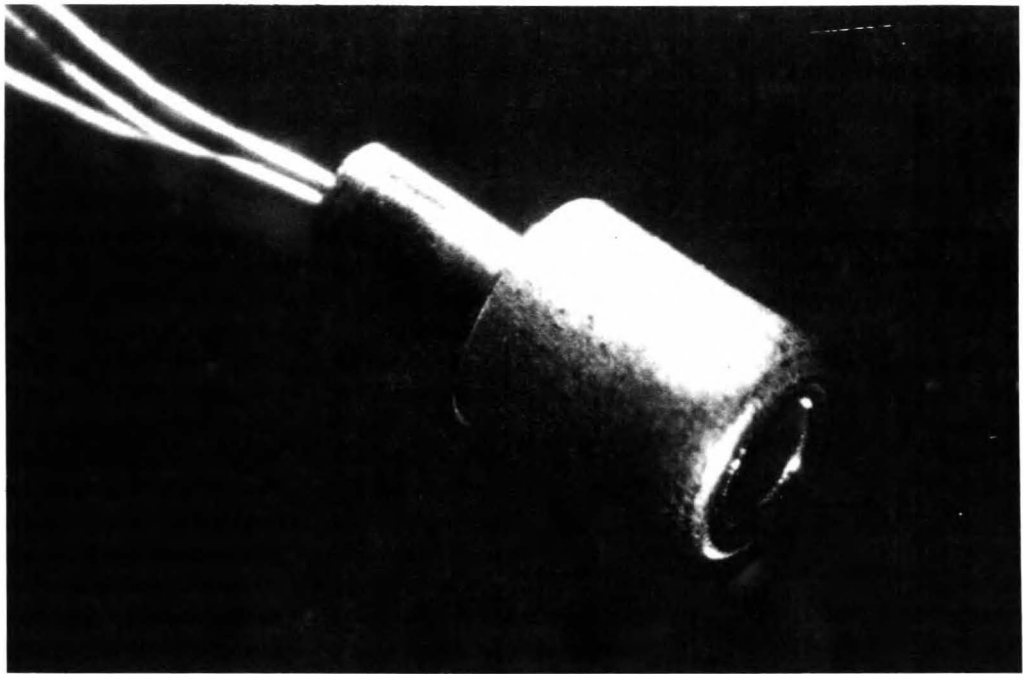
Desde la aparición de los primeros microsensors a base de silicio, a principios de los años 80 se han desarrollado diversas aplicaciones en torno a ellos. Pueden realizarse sensores tanto mecánicos como químicos - sensores de pH, etc...-, de alta sensibilidad, fiabilidad y estabilidad. La gran ventaja que presentan éste tipo de sensores es que puede implementarse el circuito electrónico en el mismo sustrato en el que se encuentra el elemento sensor, ya que éste es de silicio. Ello es una gran ventaja, ya que al estar el sensor muy próximo al amplificador, se evitan gran



cantidad de interferencias. Por ejemplo, aprovechando la característica piezoresistiva del silicio -al deformarlo varía su resistividad-, podemos construir un puente de impedancias sobre una membrana de silicio, obteniendo un sensor diferencial, cuya señal es proporcional a su deformación. Esta tecnología puede utilizarse para fabricar sensores de presión y acelerómetros. Una aplicación de los últimos son los sistemas air-bag y los controladores de amortiguación, que se están imponiendo actualmente en la industria del automóvil. También, los microsensors de presión, debido a la miniaturización que permiten, se están utilizando con éxito en aplicaciones médicas.

Uno de los proyectos que se lleva a cabo en el CNM, es el desarrollo de un catéter para medición de la presión sanguínea a nivel intravenoso. Se trata de un sensor de presión que puede deslizarse por el interior de las venas, hasta las proximidades del corazón: Para





conseguirlo, se difunden cuatro zonas, sobre una membrana de silicio previamente creada, de manera que queden interconectadas como un puente de Wheatstone. Al deformarse la membrana, las zonas previamente difundidas, actuarán como resistencias variables, gracias al efecto piezoresistivo del silicio. En la figura 4 se muestra el emplazamiento de las resistencias en la membrana cuadrada. Por efecto de la deformación mecánica que sufren en función de la presión sanguínea -la membrana está en contacto directo con la sangre-, la resistencias de cada rama varían de forma opuesta, como muestra gráficamente la figura 5, consiguiendo la mayor diferencia de potencial posible, lo cual redundará en una alta sensi-

bilidad. Una vez obtenido el circuito, se encapsula el chip como puede observarse en las figuras 6 y 7.

Además, el efecto piezoeléctrico es reversible, por lo que, de la misma manera que se fabrican microsensors de silicio, también pueden realizarse microactuadores. Uno de los proyectos más ambiciosos del CNM es el de conseguir implementar "micro-sistemas", es decir, integrar en un mismo cuerpo de silicio, un microsensor con su correspondiente circuito electrónico de procesamiento de la señal, y el actuador sobre el que el procesador va a atacar. Con ello se conseguiría un sistema electrónico integrado e independiente, que realiza todas las funciones necesarias en el mismo encapsulado. Los problemas más importantes surgen pre-

cisamente como consecuencia de las posibles incompatibilidades entre las distintas tecnologías necesarias para implementar cada uno de los dispositivos, en el mismo sustrato.

AGRADECIMIENTOS:

Al profesor Josep Calderer Cardona del Departament d'Enginyeria Electrònica de la E.T.S.E.T.B, que nos facilitó los contactos en el CNM. Al doctor ingeniero en Telecomunicación Carles Cané Ballart -investigador del departamento de microsistemas del CNM- y a la licenciada en Físicas M^a Dolores Álvarez -directora de relaciones externas del CNM- por la inestimable ayuda y dedicación que nos proporcionaron.

